

الجمهورية العربية السورية
وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي
مديرية الارشاد الزراعي
قسم الاعلام

الصقيع

التنبؤ بحدوثه ومقاومته

(طبعة ثانية)

اعداد : المهندس علي عباس

المقدمة

الصقيع هو انخفاض درجة حرارة الهواء أو التربة إلى الصفر المتوي أو أدنى منه ويحدث الصقيع الربيعي غالباً عندما يكون المتوسط اليومي لحرارة الهواء أعلى من الصفر المتوي .
تتضرر النباتات من الصقيع إذا كانت حرارة الوسط المحيط بالنبات أو أجزائه أخفض من عتبة المقاومة الخاصة بالنبات وتطور نموه .

يعتبر الصقيع ظاهرة معقدة وكانت الأبحاث الهادفة لدراسته نتيجة تضافر جهود المتنبئين - الجويين والعاملين في المناخ وفيزيولوجيا النبات والأرصاد الجوية الزراعية والمناخ الزراعي مما أدى إلى دراسة الصقيع من النواحي الفيزيائية والفيزيولوجية وشروط حدوثه الجوية والجغرافية والطبوغرافية - والزمنية .

يتأثر الإنتاج الزراعي في القطر العربي السوري سنوياً بالصقيع بدرجات متفاوتة ويؤدي الصقيع في بعض السنوات وخاصة في المناطق الداخلية والجبلية إلى القضاء على المزروعات وخاصة الخضراوات والأشجار المثمرة أو على ثمارها وتقدر الخسائر على مستوى القطر بعشرات الملايين من الليرات السورية .

يقاوم الصقيع بطرق مختلفة منها الطرق البيولوجية وتعتمد على زيادة مقاومة النبات للصقيع وتأخير تاريخ النمو والأزهار وكذلك الطرق الفيزيائية وأهمها : التدفئة ، الري بالرداذ ، التدخين ، السقاية السطحية ، التغطية ، المراوح وخلق الهواء ، الضباب الصناعي ، استعمال المعاليل الرغوية المازلة للحرارة

ومصدات الرياح • وهناك طرق للوقاية السلبية من الصقيع وهي عبارة عن تعليمات فنية من شأنها التقليل من اضرار الصقيع وأهمها اختيار الموقع وانتقاء الاصناف وبعض الاعمال الزراعية •

مهما كانت طريقة مقاومة الصقيع فلا بد من التنبؤ الصحيح بالصقيع قبل حدوثه ليتمكن المزارع من اتخاذ اجراءات المقاومة كما يجب اختيار الطريقة المناسبة للمقاومة وذلك على ضوء اقيمة الاقتصادية للمحصول ووسائل المقاومة المتوفرة •

يقوم قسم البيئة والمناخ الزراعي في مديرية الاراضي منذ عام ١٩٨١ بتجارب الصقيع تهدف الى دراسة الجدوى الاقتصادية والفنية لطرق مقاومة الصقيع وطرق التنبؤ بحدوثه وتحميل المزروعات - لدرجات الصقيع المختلفة ، كما يقوم بتصميم وتصنيع واختبار اجهزة مختلفة لمقاومة الصقيع •

نعرض في هذه النشرة اهم ما يستخدم في العالم لمعالجة مشكلة الصقيع وكذلك بعض نتائج ابحاث الصقيع المعلية التي تهم الاخوة المزارعين عليها تحقق الفائدة المرجوة •

انواع الصقيع :

يصنف الصقيع حسب طبيعة تشكله وزمن حدوثه والاضرار التي يسببها للنبات كما يلي :

١ - الصقيع المتحرك :

يحدث الصقيع المتحرك عندما تتقدم كتلة هوائية باردة أو جبهة باردة الى منطقة ما فيتنخفض معدل الحرارة اليومي كما تقل السعة الحرارية اليومية وبسبب تجدد الهوام البارد باستمرار تصعب مقاومة الصقيع المتحرك ومن حسن الحظ أن هذا النوع من الصقيع يحدث غالبا في الشتاء عندما تكون الاشجار المثمرة في طور السكون، وتتحمل درجات حرارة منخفضة ، نظرا لتكرار الصقيع المتحرك شتاء يسمى أحيانا بالصقيع الشتوي ويسميه الفرنسيون بالصقيع الاسود لان الاعضاء الحديثة للنباتات تلتف عندما يصيبها وتتلون باللون الاسود .

٢ - الصقيع الاشعاعي :

يحدث الصقيع الاشعاعي في الليالي الصافية والهادئة ، فصفاء السماء ينتج عن قلة احتواء الجو على بخار الماء بأشكاله وحجومه المختلفة وكذلك الغبار وهذا يساعد على زيادة اشعاع الارض ليلا فتتنخفض حرارة سطح الارض والتربة والنباتات بسرعة . وإذا ما اقترنت هذه الظاهرة بسكون الرياح ازداد انخفاض حرارة سطح الارض وطبقة الهوام القريبة منه مكونة طبقة من الهوام البارد تستقر فوق الحقول ، وفي الحقول غير المستوية تزداد سماكة هذه الطبقة ويكون انخفاض الحرارة أكثر حدة خاصة في المناطق المنخفضة والاحواض المفلقة المحاطة بسفوح واسعة وذلك بسبب تحرك الهوام البارد الملامس للسفوح وتجمعه في المنخفضات بفعل كثافته العالية نسبيا . في حالات الصقيع الاشعاعي تكون حرارة الهوام الملامس لسطح التربة أخفض من حرارة الهوام على ارتفاع مترين بحوالي ثلاث درجات مئوية وتظهر على النباتات بلورات جليدية بيضاء لذلك يسميه الفرنسيون بالصقيع الابيض وغالبا ما يحدث هذا النوع من الصقيع ربيعا لذلك يسمى بالصقيع الربيعي والصقيع الربيعي اشد خطرا من الشتوي بسبب حدوثه في فترة النمو ويطراق موعد حدوث الصقيع الربيعي مع طور ازهار الاشجار المثمرة أي بدءا من أوائل آذار في المناطق الساحلية والجنوبية الغربية الدافئة وفي أواخر آذار وأوائل نيسان في السهول الوسطى

والشمالية بالنسبة للوزيات أما بالنسبة للتفاحيات فيتأخر حوالي اسبوعين عن التواريخ المذكورة ففي المناطق الجبلية المرتفعة يتأخر موعد حدوث الصقيع الربيعي للتفاحيات اذ تمتد الفترة العرجة فيما بين ١٠ نيسان و ١٥ أيار في مناطق اليريداني وعين العرب الجنوبية وتتأخر في مناطق سرغايا ورنكوس اذ تمتد الفترة العرجة للتفاحيات فيما بين ٢٥ نيسان و ٢٠ أيار .

٢ - الصقيع الاشعاعي المتحرك :

يحدث هذا النوع من الصقيع عند ورود الكتل الهوائية الباردة وفي اجزائها الجافة الخالية من الغيوم وغالبا ما يرافق هذا النوع المرتفعات الجوية وهو من اشد انواع الصقيع خطرا على المزروعات .

العوامل المساعدة على تشكل الصقيع :

يتعلق حدوث الصقيع وشدته بموامل عدة أهمها :

١ - طوبوغرافية الارض :

يتعلق حدوث الصقيع بالشكل الطبوغرافي للعقل وبموقعه بالنسبة للتضاريس فالقمم تكون عرضة للصقيع المتحرك الذي تكون نسبة تكراره هنا اكثر من الصقيع الاشعاعي اذ يحدث الاخير اكثر ما يحدث في الوديان والمنخفضات وذلك لان الهواء الذي يتبرد بتماس مع الارض والمزروعات يظل محصورا لا يتجدد ويضاف اليه الهواء البارد القادم من السفوح المجاورة والذي يتساقب بعد تبرده بسبب زيادة كثافته وينحدر الى الوديان فيزيد من حدة الصقيع الاشعاعي مما يجعل السعة الحرارية اليومية كبيرة في الوديان وتتعلق شدة الصقيع في المنخفضات والوديان بمساحة السفوح المقابلة والتي يرد منها الهواء البارد .

٢ - الارتفاع عن سطح البحر و سطح التربة :

تنقص درجة الحرارة بمعدل ٠.٦ درجة مئوية كلما ارتفعنا مئة متر عن سطح البحر وهذه القيمة تساوي ٠.٩٨ درجة مئوية في الهواء الجاف والهواء الرطب غير المشبع ، بينما في الهواء المشبع - ببخار الماء تساوي ٠.٤ درجة مئوية . وهنا يجب التفريق بين انخفاض الحرارة مع الارتفاع بشكل عام وبين تغير الحرارة في الطبقة الجوية الدنيا والتي تعيش ضمنها النباتات حيث تتغير الحرارة في الطبقة الجوية الدنيا ليلا

ونهارا وفق نظام معقد خاص اذ يلاحظ في ساعات الليل المتأخرة وخاصة في ليالي الصقيع الاشعاعي أن الحرارة تزداد مع الارتفاع حتى بضعة عشرات الامتار ثم تعود فتتخفض ثانية مع الارتفاع .

٣ - الفيوم :

تزداد شدة الصقيع عندما تكون السماء صافية خالية من الفيوم والغيوم تحدد من شدة الصقيع حسب كميتها ونوعها ، فالفيوم الكثيفة التي تغطي السماء تقلل الى حد بعيد من خطر الصقيع اذ تعيد قسما من اشعاع الارض اليها ثانية فتحتفظ حرارة الارض وقليل ما تؤثر الفيوم المرتفعة الرقيقة والمتفرقة في الحد من شدة الصقيع .

٤ - الرطوبة :

يؤثر بخار الماء الموجود في التربة والهواء في الحد من الانخفاض المفاجيء لدرجة حرارة الهواء أو التربة فعندما يتجمد بخار الماء يطلق قدرا من الحرارة تنخفض من حدة الصقيع وأحيانا تحول دون حدوثه كما ان بخار الماء الموجود في الجو يحفظ حرارة الارض ليلا اذ يقلل من اشعاع الارض ويزداد هذا الاثر كلما زاد بخار الماء في الجو .

٥ - سرعة الريح :

تزيد الريح من عملية الخلط الميكانيكية للهواء بين الطبقات الباردة الملاصقة للسطح أثناء حدوث الصقيع الاشعاعي وبين الطبقات الادفا التي تملؤها وبالتالي تقلل الرياح من خطر الصقيع الاشعاعي ويحدث العكس في حالة الصقيع المتحرك اذ تزيد الرياح من اضرار الصقيع المتحرك .

٦ - حالة الارض الفيزيائية والغطاء النباتي :

ان فلاحه الارض وعزقها تؤدي الى زيادة المسامات في التربة مما يقلل من ناقليتها للحرارة من الطبقات العميقة الى الطبقات السطحية لذلك ينصح بعدم فلاحه الارض المعرضة للصقيع الا بعد زوال خطر وقوعه . كما اثبتت التجارب التي أجريت في بريطانيا بأن طبقات الهواء فوق الارض العشبية أكثر رودة من طبقات الهواء فوق الارض العارية لذلك ينصح بقص الاعشاب تحت الاشجار المثمرة ربيما للتقليل من خطر وقوع الصقيع على مستوى البراعم .

٧ - الكتل الهوائية الباردة :

تؤدي الكتل الهوائية الباردة وكذلك الجبهات الباردة في المنخفضات الجوية الى انخفاض عام في درجة الحرارة مما يزيد من خطر وقوع الصقيع بأنواعه .

تأثير الصقيع على النباتات :

تختلف النباتات في تحملها لدرجات الحرارة حسب أنواعها وأصنافها وأطوار نموها وبالنسبة للأشجار المثمرة تتحمل البراعم الزهرية درجة حرارة - ٣ - مئوية وتتحمل الأزهار حتى - ٢ - درجة والثمار الصغيرة تتحمل - ١ - درجة وأخطر فترة لجميع أشجار الفاكهة هي فترة سقوط بتلات الأزهار ويلاحظ ان أعضاء النبات الغضة الغنية بالماء أكثر تعرضا للصقيع من غيرها . كما أن أضرار الصقيع لا تتعلق بالحرارة الدنيا التي تصل اليها أعضاء النبات فحسب ولكن تتعلق أيضا باستمرارية الصقيع فمثلا يمكن لنبات أن يتحمل درجة حرارة - ٤ مئوية دون أي ضرر اذا كانت فترة التعرض قصيرة بينما درجة حرارة - ٣ مئوية تلحق به أضرار فادحة اذا كانت فترة التعرض اطول .

تتأثر النباتات بالصقيع في فترة النمو كما تتضرر من الصقيع الشتوي في طور السكون وأعضاء النبات المعرضة للصقيع الشتوي هي الجذور وعقده الطعم وأسفل الساق وتفرعاته والبراعم الخشبية والزهرية اذ يسبب الصقيع تخریب البراعم الخشبية والزهرية والأنسجة النسيجية وخاصة في الفروع الحديثة وتكون قاعدة الساق من الأجزاء الأكثر تضررا بسبب تجمع الهواء البارد بالقرب من سطح التربة وكذلك قمة الأغصان بسبب شدة ضياع الحرارة بالأشعاع ويظهر أثر الصقيع على النباتات خلال الاماييع الاولى من فترة النمو .

فنلاحظ نقصا في عدد الأزهار بسبب تخریب البراعم الزهرية وانعدام النمو في الفروع الحديثة الغنية بالماء ، كما أن البراعم والأزهار والأوراق تجف بصورة مفاجئة اذا كانت الأنسجة الحاملة للنسج قد تخربت كثيرا ، يتضرر المشمش والجرز والكرمة بصورة خاصة من الصقيع الربيعي اذ تكون الأنسجة مليئة بالماء فيتشكل الجليد بين الخلايا ويتكثف النسج وهذا يسبب تخریبا ميكانيكيا للنسج الحية وأضرار الصقيع الربيعي تنتج بسبب تأثير الحرارة المنخفضة على البروتوبلازما مباشرة من جهة وتأثيره على نسبة الماء في الخلية من جهة ثانية ويسبب الصقيع تعمق البراعم وسقوط الأزهار ، كما انه يعطي نموا مضطربا للثمار وأشكالها مشوهة لها ويخرب الأوراق ويجعلها مجعدة ومشققة على وجهها السفلي .

تتضرر الازهار بسبب الصقيع فيلاحظ بعد حدوثه تلون الاعضاء المذكورة باللون الاسود ، أما اعضاء التانيث في الزهرة فيبدأ التلون باللون الاسود في رأس الابرة وينتهي في البويضة واذا وصل السواد الى حواجز البويضة قضى عليها نهائيا دون أن يظهر ذلك من الخارج ثم تزيل الثمرة الغضة وتموت .

غالبا ما تتحمل اللوزيات والتفاحيات الصقيع الشتوي وتتراوح عتبة مقاومتها بين ٧ - و ٢٢ درجة مئوية وتتضرر الجذور والساق وتاج الشجرة عند درجة حرارة معينة تختلف باختلاف الانواع والاصناف وفي أواخر الشتاء وبداية الربيع تكون البراعم المنتفخة محمية بالحراشف السميكة والاشعار والمادة اللزجة التي توجد على الوجه الداخلي لهذه الحراشف فتساعد البراعم على تحمل درجات الحرارة المنخفضة اذ تتحمل من ٦ درجات الى ٨ درجات بالنسبة للتفاح والاجاص وتقل مقاومة الصقيع عند تفتح البراعم وظهور ألوانها .

تضرر الاشجار المثمرة من الصقيع :

الكرمة :

يصيب الصقيع الشتوي الكرمة اذا انخفضت درجة الحرارة الى ما دون - ٥ م° تموت الفروع الحديثة ويتلون داخلها باللون الاسود كما تصاب منطقة التحام العلم بالاسل وهذه المنطقة أكثر تحسسا بالصقيع . وأحيانا يموت القسم الهوائي يكامله وتبقى الجذور حية وتعود الشجرة الى النمو من جديد في الربيع لذلك تغطى الكرمة بالتراب شتاء في المناطق التي تتعرض فيها الكرمة لصقيع الشتاء وتستخدم هذه الطريقة في بلغاريا ورومانيا ويجب تقليم الكرمة المصابة بالصقيع الشتاء وترك الفروع السليمة والقوية .

تتضرر الكرمة في سورية من الصقيع الربيعي بشكل اساسي وعند اصابة براعم الكرمة بالصقيع تبدو وكأنها مشوية ثم تموت جزئيا وتتضرر براعم الكرمة حتى عندما تكون حرارة الهواء موجبة وقد قيست درجة حرارة براعم الكرمة فكانت تتراوح بين الصفر و - ٢ درجة في حين كانت حرارة الهواء مازالت موجبة + ٢ درجة و + ٣ درجات .

يصيب الصقيع الخريفي العنب اذا هبطت درجة الحرارة الى - ٥ م° فاذا وقع الصقيع قبل نضوج العنب تهرمت الخلايا ويصبح العنب غير صالح لصناعة الخمر واذا حصل الصقيع بعد النضج فانه يساعد على قتل الخلايا التي هي في طريق الموت ويتبخر الماء ويحال العنب الى المصمر مباشرة .

التفاح :

نادرا ما يسبب الصقيع الشتوي اضرارا للتفاح اذ تتحمل شجرة التفاح درجات حرارة منخفضة تصل الى - ٢٥ مئوية بل انها في روسيا وكندا تتحمل درجات حرارة تصل الى - ٤٥ درجة مئوية تحت الصفر لمدة قصيرة دون ان تتضرر .
أما في فترة النمو فان درجة حرارة - ٧ درجة مئوية في نهاية الازهار يمكن ان تسبب خسارة المحصول اذا استمرت أكثر من ساعة كما ان درجة حرارة - ٢ مئوية في الهواء كافية لالتلاف زهر التفاح بكامله .

المشمش :

يكون المشمش الاخضر الصغير غضا بعد جفاف وريقات الكأس ويكون في طور النمو هذا عرضة لخطر الصقيع اذا انخفضت درجة الحرارة الى ادنى من - ٥ درجة مئوية وتتحمل الازهار حتى - ٥ درجة مئوية والبراعم الزهرية تتحمل - ٤ درجة مئوية .

الزيتون :

يسبب الصقيع الشتوي موت أجزاء من شجرة الزيتون وخاصة الفروع الحديثة وتظهر اعراض الضرر من الصقيع الشتوي على الافرع ربيما فتكون الافرع المتضررة متشققة وجافة . أما الصقيع الربيعي فيسبب ثقب القشرة للفروع التي عمرها من سنتين الى خمس سنوات ، كما يسبب ثقب الاغصان الفتية ويلحق اضرارا بالغة بأزهار الزيتون ، وموتك الزهرة أكثر اجزائها تضررا فاما ان يقضي عليها الصقيع أو يشوه نموها الطبيعي وفي حالات الصقيع الضميف يلاحظ وجود الكثير من الشمار صغيرة الحجم .

والصقيع الخريفي المبكر يسبب تلون الشمار بلون التبغ كليا أو جزئيا ويسهل اصابتها بالامراض الفطرية في حال تضرر شجرة الزيتون بسبب الصقيع الشتوي يجب تقليصها وازالة الفروع الميتة ويستحسن اجراء التقليم في الربيع لتمييز الاجزاء السليمة من المصابة .

الدراق :

قلما يحدث الصقيع الشتوي اضرارا للدراق الا عندما تنخفض درجة الحرارة الى - ١٨ درجة مئوية فما دون . أما الصقيع الربيعي فانه يلحق اضرارا بالغة

بالبراعم اذا انخفضت درجة الحرارة الى - ٤ مئوية فما دون . اما الازهار فانها تتحمل حتى - ٣ مئوية والمقد الصغيرة تتحمل حتى - ١ درجة مئوية .

الحمضيات :

اشجار الحمضيات حساسة للصقيع وقد لوحظ ان اشجار البرتقال والليمون تفقد اوراقها عند اصابتها بالصقيع وتحتاج الى خمس سنوات لثمود الى حالتها الطبيعية واذا كان الصقيع ضعيفا فانه يصيب لب الثمرة اذ يتلون باللون الاسود دون ان يتغير مظهرها الخارجى .

٤ - مراقبة الصقيع والتنبؤ بحدوثه :

عند توقع حدوث الصقيع يجب مراقبة درجة الحرارة اثناء الليل على مستوى النباتات فبالنسبة للمشاتل والكرمة الزاحفة والخضراوات تراقب درجة حرارة الهواء بالقرب من سطح التربة اما بالنسبة للاشجار المثمرة فتراقب درجة حرارة الهواء على ارتفاع يساوي ارتفاع اخفض غصن ، عند مراقبة الصقيع يجب الانتباه الى ان قراءة الترومومتر الرطب في مقياس يسكر ومتر تكون اقرب الى حرارة اعضاء النبات وخاصة الغضة منها والاكثر تعرضا للصقيع .

يمكن مراقبة الصقيع باحدى الطرق التالية :

١ - طريقة الاناء :

تستعمل هذه الطريقة في حال عدم توفر مقاييس حرارة حيث يستخدم اناء من النحاس أو الألمنيوم ويوضع فيه ماء بسماكة بضعة مليمترات ثم يوضع على سطح التربة في الهواء الطلق بين الاشجار وعندما يبدأ الماء بالتجمد يستدل على حدوث الصقيع .

٢ - طريقة مراقبة مقاييس الحرارة :

حيث توضع مقاييس الحرارة أو مقاييس البسكرومتر شكل (١) بين الاشجار وعلى ارتفاع يعادل اخفض الاغصان وتراقب درجة حرارتها وتغيرات اثناء الليل ، كما يمكن استخدام مقاييس الحرارة الصغرى شكل (٢) لمعرفة اخفض درجة حرارة للهواء أو التربة في الليلة السابقة .

٣ - الاجهزة المنذرة بالصقيع :

توجد من هذه الاجهزة نماذج مختلفة منها المزود بجرس حيث تغلق دائرة الجرس قبل حدوث الصقيع ومنها جهاز الانذار الاشعاعي ويتألف من لوح معدني بسيط محاط بسطل اسطوانتي الشكل منقلق من الاسفل ومفتوح من الاعلى ومزود بترموستات ينذر بحدوث الصقيع قبل ساعة واحدة من بلوغ درجة الحرارة الجافة الصفر المئوي .



شكل (١) مقياس البسكرومتر



شكل (٢) مقياس الحرارة الصغرى

التنبؤ بالصقيع :

ان التنبؤ الصحيح بالصقيع من ضرورات عملية مكافحة الصقيع الناجمة والاقتصادية فالتنبؤ يعطى قبل ساعات من حدوث الصقيع حتى يتم تحضير الاجهزة والمحروقات والايدي العاملة اللازمة لعملية المكافحة كما يعطى معلومات عن شدة الصقيع والتي تفيد في تحديد الطرق التي يجب اتباعها في المقاومة وتكثيف أو تقليل اجراءات الحماية من الصقيع وفي اجزاء الحقل المختلفة ولا انواع المزروعات وذلك حسب شدة الصقيع المتوقعة اذ يؤدي التنبؤ الصحيح والدقيق بالصقيع الى توفير الكثير من الجهد والامكانيات المادية .

التنبؤ العام بالصقيع :

تذميه مراكز التنبؤ بالطقس ويعطى فكرة عامة عن موجات الصقيع للمساحات الجغرافية الكبيرة والبلدان وتقل دقته في البلدان المتنوعة التضاريس وحسب خصائص المناخ المحلي .

خطوات التنبؤ المحلي بالصقيع

- ١ - في الساعة ١٢ر٣٠ توقيت محلي تؤخذ قراءة الترمومتر الرطب t_1 كما تؤخذ قراءة الترمومتر الجاف t .
- ٢ - تستخرج قيمة الرطوبة النسبية من الجدول (١) .
- ٣ - تستخرج قيمة العامل C من الجدول رقم (٢)
- ٤ - تحسب قيمة الحرارة الدنيا للهواء صباح اليوم التالي باستخدام المعادلة التالية :
مثال :
الحرارة الدنيا للهواء
 $M = T_1 - (T - T_1) C \rightarrow 4,7 - (5,9 - 4,7) 3,2 = + 0,9$
الحرارة الدنيا للتربة
 $M = T_1 - (T - T_1) 2 C \rightarrow 4,7 - (5,9 - 4,7) 2 \times 3,2 = - 3,0$
- ٥ - في الساعة الثامنة والنصف مساءً تؤخذ كمية النجوم ويحسب التصحيح حسب كمية النجوم من الجدول رقم (٣) .
- ٦ - يحسب التصحيح حسب الرياح ليلاً باستخدام الجدول رقم (٤) - تؤخذ سرعة الرياح من - معلومات التنبؤ .
- ٧ - يحسب التصحيح حسب التضاريس من الجدول رقم (٥) .
- ٨ - يضرب التصحيح حسب التضاريس بالعامل المستخرج من الجدول رقم (٦) .
- ٩ - يحسب دور تغير الحالة الجوية من الخرائط التنبؤية وخاصة Advection
- ١٠ - تقارن درجة الحرارة الدنيا مع عتبة المقاومة لنوع النبات ولطور نموه من الجداول (٨ر٧) فإذا كانت الحرارة المتوقعة أدنى أو تساوي عتبة المقاومة يتوقع حدوث الصقيع .

جدول (۱)

رطوبة الهواء النسبية

[illegible]

جدول رقم (٢) قيمة العامل C														
المرحلة القيمة	١٥	٢٥	٣٥	٤٥	٥٥	٦٥	٧٥	٨٥	٩٥	١٠٠				
العامل	٠.٤	٠.٧	٠.٨	٠.٩	١.٠	١.١	١.٢	١.٣	١.٤	١.٥	١.٦	١.٧	١.٨	١.٩

جدول رقم (٣) تصحيح قيم الجيوب														
قيمة الجيوب	$\frac{1}{A}$	$\frac{2}{A}$	$\frac{3}{A}$	$\frac{4}{A}$	$\frac{5}{A}$	$\frac{6}{A}$	$\frac{7}{A}$	$\frac{8}{A}$	$\frac{9}{A}$	$\frac{10}{A}$				
النتيجة درجات	٢-	٢.٢-	٢.٥-	٢.٧-	٢.٩-	٣.١+	٣.٣+	٣.٥+	٣.٧+	٣.٩+	٤.١+	٤.٣+	٤.٥+	٤.٧+

جدول رقم (٤) تصحيح التنبؤ بالانحياز حسب سرعة تدفق المياه														
قيمة الجيوب سرعة تدفق م/ث	$\frac{1}{A}$	$\frac{2}{A}$	$\frac{3}{A}$	$\frac{4}{A}$	$\frac{5}{A}$	$\frac{6}{A}$	$\frac{7}{A}$	$\frac{8}{A}$	$\frac{9}{A}$	$\frac{10}{A}$				
٢	٠.٥	٠.٤	٠.٣	٠.٢	٠.١	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠
٤	١.٢	١.٠	٠.٨	٠.٦	٠.٤	٠.٢	٠.١	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠
٦	١.٦	١.٤	١.٢	١.٠	٠.٨	٠.٦	٠.٤	٠.٢	٠.١	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠
٨	٢.٠	١.٨	١.٦	١.٤	١.٢	١.٠	٠.٨	٠.٦	٠.٤	٠.٢	٠.١	٠.٠	٠.٠	٠.٠
١٠	٢.٤	٢.٢	٢.٠	١.٨	١.٦	١.٤	١.٢	١.٠	٠.٨	٠.٦	٠.٤	٠.٢	٠.١	٠.٠
١٢	٢.٨	٢.٦	٢.٤	٢.٢	٢.٠	١.٨	١.٦	١.٤	١.٢	١.٠	٠.٨	٠.٦	٠.٤	٠.٢

تأثير ظروف المكان على شدة الصقيع في الليالي الهادئة الصافية بالمقارنة مع المناطق المستوية من الحقل أو المتوسط الارتفاع

جدول رقم (٥)

نوع التضاريس	الهواء البارد		التغير	
	دخول	خروج	الحرارة الدنيا ليلا بالدرجات خريفا وربيعا	طول الفترة بدون صقيع (يوم)
القمم والاجزاء العليا لهضبة ميلانها ١٠ درجات و Δh اكثر من ٥٠ مترا .	لا يوجد	جيد	من ٣ الى ٥	من ١٥ الى ٢٥
القمم والاجزاء العليا لهضبة ميلانها اقل من ١٠ درجات و Δh اقل من ٥٠ متر .	لا يوجد	يوجد	من ٣ الى ١	من ١٥ الى ٥
سهول أو قمم مستوية اكبر من ١ كم ^٢ أو وديان مستوية أو مفتوحة .	لا يوجد	لا يوجد	∴	∴
وسط منحدرات الهضاب الميلا ن اقل من ١٠ Δh اقل من ٥٠ مترا	يوجد	يوجد	∴	∴
القيعان واسفل المنحدرات والوديان الضيقة الطويلة .	يوجد	جيد	من ٣ الى ٥	من ١٥ الى ٢٥
القيعان واسفل المنحدرات عندما تكون المرتفعات المحيطة قليلة الارتفاع .	يوجد	يوجد	من ٣ الى ١	من ١٥ الى ٥
وديان الانهار الكبيرة .	يوجد	يوجد	من ٤ الى ٢	من ٢٠ الى ١٠

الاحواض الكبيرة و الانهدامات محافظة بجبال عالية .	يوجد	يوجد
الاحواض الكبيرة و الانهدامات محافظة بمرتفعات صغيرة ومائلة قليلا .	يوجد	بسيط	من ٢ الى ٣	من ١٥ الى ١٠
الوديان المغلقة والقيعان .	يوجد	تقريبا لا يوجد	من ٣ الى ٥	من ٢٥ الى ١٥
الاحواض الصغيرة نسبيا والمغلقة .	يوجد	لا يوجد	من ٦ الى ٤ واكثر	من ٣٠ الى ٢٥ واكثر
اسفل المنحدرات والوديان العريضة قليلة الانحدار .	يوجد	ضعيف	من ٥ الى ٣	من ٢٥ الى ١٥
الوديان العريضة المستوية والمغلقة .	يوجد	لا يوجد تقريبا	من ٦ الى ٤ واكثر	من ٣٠ الى ٢٥ واكثر
منخفضات رطبة .	لا يوجد	لا يوجد	من ٦ الى ٣	من ٣٠ الى ١٥

جدول (٦)

(عامل تصحيح التضاريس)

الغيوم سرعة	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	∴
الرياح/ثا	٨	٨	٨	٨	٨	٨	٨	٨	٨
∴	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١
٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	٩	٩
٤	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٨	٨	٨
٦	٣	٤	٥	٦	٧	٧	٧	٧	٧
٨	٣	٤	٥	٦	٦	٦	٦	٦	٦
١٠	٣	٤	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥
١٢	٣	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤
١٤	٢	٢	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣

جدول (٧)

عتبة المقاومة (درجة مئوية)

الصفة	البراعم	الازهار التام	الثمار الصغيرة
الكرمة	١ -	٦ -	٦ -
التفاح	٤ -	٢ -	٢ -
الفسق الحلبي	٤ -	٢ -	١ -
الاجاص	٤ -	٢ -	١ -
الكرز	٥ -	٢ -	١ -
الدراق	٤ -	٣ -	١ -
المشمش	٤ -	٥ -	٥ -
اللوز	٣ -	٣ -	١ -
الجوز	١ -	١ -	١ -

جدول رقم (٨) قيم الحرارة الحدية لبعض النباتات

بدء تضرر النباتات وموتها الجزئي				مسوت معظم النباتات		
نوع النبات	ظهور البادرة	الإزهار	واكتمال تكون السنبال والتفجج النباتي	ظهور البادرة	الإزهار	واكتمال تكون السنبال والتفجج النباتي
القمح الربيعي	١٠-٤٩	٢-٤١	٤-٤٢	١٢-٤١٠	٢-	٤-
شوفان	٩-٤٨	٢-٤١	٤-٤٢	١١-٤٩	٢-	٤-
شعير	٨-٤٧	٢-٤١	٤-٤٢	١٠-٤٨	٤٢-	٤-
عذس	٨-٤٧	٣-٤٢	٤-٤٢	١٠-٤٩	٣-	٤-
حمص	٨-٤٧	٣-	٤-٤٣	١٠-٤٨	٤-٤٣	٤-
الفول	٦-٤٥	٣-٤٢	٣-٤٢	٦-	٣-	٤-٤٣
عباد الشمس	٦-٤٥	٣-	٣-٤٢	٨-٤٧	٣-	٣-
الكتان	٧-٤٥	٢-٤١	٤-٤٢	٧-	٢-	٤-
القنب	٧-٤٥	٢-٤١	٤-٤٢	٧-	٢-	٤-
الشوندر السكري	٧-٤٦	٣-٤٢	٤-	٨-	٣-	٤-
الجزر	٧-٤٦	٤-	٤-	٨-	٤-	٤-
اللفت	٧-٤٦	٤-	٤-	٨-	٤-	٤-
السلق	٧-٤٦	٤-	٤-	٨-	٤-	٤-
اللوبيا	٥-٤٤	٣-٤٢	٤-	٦-	٣-	٤-
نول الصويا	٤-٤٣	٣-٤٢	٤-	٦-	٣-	٤-
السرة	٣-٤٢	٢-٤١	٣-٤٢	٣-	٢-	٣-
الدخن	٣-٤٢	٢-٤١	٣-٤٢	٣-	٢-	٣-
البطاطا	٢-	٢-	٣-٤١	٣-٤٢	٣-٤٢	٣-
التبغ	٣-٤٢	٤-	٣-٤٢	٣-	٤-	٣-
الحنطة السوداء	٢-٤١	١-	٢-٤١٥	٢-	١-	٢-
الفاصولياء	١٥-٤١	١٥-٤٠	٢-	٥-٤١	١-	٢-
القطن	١٥-٤٠	١٥-٤٠	١-	١-	١-	٢-٤١
البطيخ	٠-٤١	١٥-٤٠	١٥-٤٠	١-	١-	١-
السرز	١٥-٤٠	٠-٤٠	٤-	١-	٠-٤٠	٤-
المشم	٠-٤٠	٤-	٤-	١-	٤-	٤-
الفول السوداني	١٥-٤٠	٤-	٤-	١-	٤-	٤-

طرق الوقاية من الصقيع ومقاومته :

طرق الوقاية السلبية :

وهي عبارة عن اجراءات وقائية تساعد في الوقاية من الصقيع كما تحد من شدته ومنها :

— اختيار الموقع حيث تؤثر شروط المكان المحلية والموقع بالنسبة للتضاريس في المنطقة وشكل الحقل الطبوغرافي على تغير شدة الصقيع وطبيعة حدوثه .

— انتقاء الاصناف حيث تختار انواع الاشجار والاصناف متأخرة الازهار والاقبل تضررا بالصقيع في الاماكن الأكثر عرضة للصقيع .

— الاعمال الزراعية حيث تتخذ الاجراءات التي تسهل تصريف الهوام البارد كما يوصى بقص الاعشاب تحت الاشجار المثمرة وتسوية الارض ودخلها بعد الحراثة لتسهيل انتقال الحرارة من طبقات التربة العميقة وتقليل الاشجار بحيث يعتمد تاج الشجرة عن سطح الارض قدر الامكان وتوجه صفوف الاشجار حسب التضاريس بحيث تساعد على تصريف الهوام البارد .

طرق الوقاية الايجابية :

وهذه الطرق يلجأ اليها لمنع حدوث الصقيع أو للتقليل من أضراره شريطة أن يتدرك مجال للربح الكافي — أي أن تكون الجدوى الاقتصادية لعملية مقاومة الصقيع ايجابية — هذا وان مختلف طرق الوقاية الايجابية تسعى لحفظ حرارة النبات فوق متبة مقاومته وتحقيق هذه الطرق هدفها أما الحفاظ على حرارة الطبقة الجوية الدنيا عن طريق تقليل فقد الحرارة بالاشعاع أو بإعطاء قدرة حرارية اضافية لهذه الطبقة وتقسم طرق الوقاية الايجابية الى :

أ — الطرق البيولوجية .

ب — الطرق الفيزيائية .

أ — الطرق البيولوجية ومنها :

— زيادة مقاومة الاشجار وذلك بتحسين شروطها الغذائية والمائية .

— تأخير النمو والازهار ويتم ذلك باختيار أصول ذات نمو متأخر أو استعمال محاليل ذات أساس هرموني وتعالج الازهار المتضررة باحداث نمو للشمار بدون تلقيح مباشر للبرويضة باستعمال بعض المركبات مثل حمض الفانفتالين الحامضي ويستعمل حمض جيبيراليك للاجاص وسيكوكوك لتأخير ازهار الاجاص وكذلك Ag الار للكرز والتفاح .

ب - الطرق الفيزيائية :

وتشمل الري بالبرذاذ أو الري السطحي ، المراوح وخطط الهواء ، الضباب الصناعي والتدخين ، التغطية ، التدفئة .

الري بالبرذاذ والري السطحي :

يقام الصقيع برش الماء فوق الاشجار أو تحتها وفاعلية الرش فوق الاشجار اكثر من فاعلية الرش تحتها ، وهناك محاذير للرش فوق الاشجار منها تراكم الجليد على الاغصان في حالات الصقيع الشديد وكذلك المساعدة على انتشار الامراض والعشرات بسبب زيادة الرطوبة ويبين الجدول التالي فاعلية الرش فوق الاشجار .

معدل زيادة درجة الحرارة	ضمن دورة آلة الرش بالليقطة	معدل الرش مم / ساعة
٤.٥	٣٠ - ١	١.٥ - ١.٥
٥.٥	٣٠ - ١٠	١.٥ - ٢.٠
٥.٢	٢ - ٢	٢.٥ - ٢.٥
٥.٩	٢ - ٢	٣.٠ - ٢.٥
٦.٠	١ - ١	٣.٥ - ٣.٥

يبدأ الرش فوق الاشجار في فترة انخفاض درجة حرارة الهواء الى الصفر المتوي واقترباها من الحرارة الحدية للنبات .

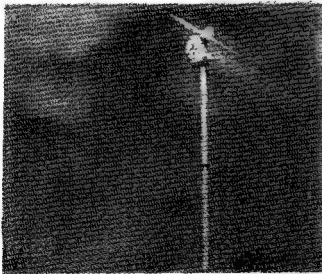
كما يستخدم الري بالبرذاذ لاطالة فترة السكون وذلك في الايام التي يزيد معدل الحرارة فيها عن الصفر البيولوجي في بداية الربيع ظهرا حيث تؤخر هذه العملية الازهار من اسبوع الى اربعة اسابيع ويستعمل الري بالبرذاذ تحت الاشجار بشكل واسع في امريكا بسبب عدم تسببه في انتشار الامراض وتكون الجليد على الاغصان ، كما يستعمل الري السطحي وخاصة للكرمة الزاحفة والخضراوات .

المراوح وطريقة خلط الهواء :

وتتم بخلط الهواء البارد القريب من سطح الارض مع الهواء الادفا المتوضع في الطبقات الاعلى في ليالي الصقيع الاشعاعي . حيث تستعمل طائرات الهيلوكبتر او مراوح قطر شفراتها (٢ر٥ - ٤ متر) وتدور من (٩٠٠ - ١٣٠٠) دورة في الساعة .

حيث توضع المراوح على برج ارتفاعه عشرة أمتار وتجري دورة كاملة حول محور البرج كل ساعتين ودقيقتين ويمكن أن يكون المحرك كهربائي أو بالوقود السائل والاستطاعة اللازمة خلال ساعة تتراوح بين ٢٠-٣٠ HP وتنفلي المروحة الواحدة من ٢ - ٤ هكتار ومحوها مائل باتجاه الارض بزاوية ١٠ - ٢٠ درجة وهناك شروط مثلى لاستخدام المراوح تتلخص بالتالي :

- المساحة المحمية كبيرة
- سقف الانقلاب الحراري من ١٢ - ١٥ مترا
- الحقل مستوي
- نصف الفرق بين الحرارة على ارتفاع ١٥ متر وارتفاع خمسة أمتار بين ١ - ٣ درجة مئوية
- الصقيع من النوع الاشعاعي
- يجب تشغيل المراوح قبل نصف ساعة من حدوث الصقيع .



المراوح



الري بالرداذ

التفطية :

وتتم بتفطية النبات بالزجاج أو المواد البلاستيكية أو بالقش أو القماش أو التراب إذ تحد التفطية من فقد الحرارة بالاشعاع أو عن طريق تيارات الحمل وتعمل على هذا المبدأ البيوت الزجاجية والبلاستيكية .

طريقة التدفئة :

وتتم بحرق الوقود السائل أو الصلب أو أية مواد أخرى قابلة للاشتعال وأجهزة التدفئة صغيرة الحجم أفضل من كبيرة الحجم وترفع هذه الوسائل حرارة الهواء من درجتين الى ثلاث درجات .

استخدام النفايات :

حيث تستخدم النفايات الرطبة ومن مساوئ هذه الطريقة صعوبة اشعال الاكوام وعدم امكانية التحكم في شدة الاحتراق وتلوث البيئة والتربة بالمواد غير القابلة للاحتراق .

ويبين الجدول التالي الحرارة الناتجة عن احتراق انواع مختلفة من الوقود مقدرة بالكيلو حريرة .

كمية الحرارة الناتجة عن احتراق كيلو غرام واحد من المادة			
المادة	أدنى قيمة	أعلى قيمة	المعدل
روث الحيوانات	٥٠٠	٢٠٠٠	١٢٥٠
الاشعاب	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٢٥٠٠
النقط	٥٠٠٠	—	١٠٠٠٠
الفحم	٧٠٠٠	٧٨٠٠	٧٤٠٠
طوب فحم	٢٥٠٠	٨٠٠٠	٧٥٠٠
زيت	—	٣٥٠٠	٣٠٠٠
بنزين	—	—	١٠٥٠٠

أجهزة التدفئة التي تستخدم الوقود السائل :

تصنع الأجهزة عادة من وعاء معدني يتسع لـ ١٠ - ٢٠ لترا وهي إما أن تكون بسيطة أو ذات مدخنة مع منظم للهب والوقود ويفضل النوع الثاني .

دلت التجارب بأن تسخين الهواء بأجهزة التدفئة المختلفة ترفع حرارة الهواء حوالي ثلاث درجات مئوية إذا كان عدد الأجهزة يتراوح بين ١٠٠ - ٢٥٠ جهازاً في الهكتار الواحد موزعة في البستان وذلك حسب تضاريس الحقل وشدة الصقيع ونوع المحصول ويمكن الحصول على ارتفاع ٥/ درجات إذا زيد عدد الأجهزة إلى ٤٠٠ - ٥٠٠ جهازاً ويختلف استهلاك الجهاز للوقود باختلاف نوعه إلا أنه يقدر من ٢٠٠ - ٦٠٠ كغ للهكتار في الساعة الواحدة وذلك باختلاف شدة الصقيع وطبيعة الحقل ومردود الجهاز .

وتشغل أجهزة التدفئة قبل بلوغ حرارة الهواء على متوسط ارتفاع الجزم المتضرر من التباث درجة مئوية واحدة أعلى من الحرارة العادية .

يبين الشكل (٣) سطل التدفئة البسيط ويتكون من وعاء من الحديد المزيّن مساكّة ٠٦ مم وغطائين يرفع العلوي منهما أثناء الأشغال ويستعمل للأطفاء ولحماية محتويات السطل من المطر في حالة عدم الاستعمال . يستعمل المازوت أو الزيت المحروق أو الفئول أو خليط من هذه المواد ثم تضاف كمية من نشارة الخشب أو التبن إلى محتويات السطل لتسهيل الأشغال وتنظيم الاحتراق وينصح باستعمال خليط

مكون من المازوت والزيت المحروق بنسبة ————— أو الزيت المحروق والفئول بنسبة —————
٣ ٢

وهذه النماذج لأجهزة مقاومة الصقيع المزودة بمنظم لكمية الوقود وقد صمم الجهاز ونفذه واختبره قسم البيئة والمناخ في مديرية الأراضي ويتألف الجهاز من :

١ - أنبوب معدني ————— أنش بطول متر واحد مزود بصنوبر في إحدى
٨

نهايته للتحكم بكمية الوقود ونهايته الاخرى مثبتة على شكل حرف و ومزودة بثلاثة ثقوب من الاعلى يقطر ٥-٥ سم يخرج منها المازوت بشكل بخار .

٢ - حامل من الحديد على شكل منصّب ثلاثي يارتقاع ٣٠ سم ومزود بقطعة من الصفيح مثلثة الشكل مثبتة من الجوانب تثبت تحت نهاية الانبوب المثقبة وتستعمل لتحمية الجهاز عند الاشعال .

٣ - سطل من الصفيح يحتوي على الماء يوضع فوق اللهب ويرتكز على حلقة معدنية في نهاية العامل .

تغذى كل ثلاثة أجهزة من صفيحة تحتوي على المازوت سم ١٨ ليترا تثبت في جلد احدى الاشجار وينقل المازوت الى الاجهزة بواسطة أنابيب من البلاستيك يستاز هذا الجهاز من السطول المادية بما يلي :

- يمكن التحكم بكمية المحروقات .

- يوفر من كمية القدرة الحرارية اللازمة لمكافحة الصقيع اذ تحصل على بخار الماء الذي يزيد من الرطوبة النسبة للهواء فيقلل من اشعاع الارض وتبرد الطبقة الجوية الدنيا وعند الحصول على كمية من بخار الماء في الطبقة الجوية الدنيا يبدأ البخار الزائد بالتكثف على الاجسام الباردة ومنها الازهار وأعضاء النبات المعرضة للصقيع ويمطيها حرارة التجمد والتي تماثل ٦٠٠ حريرة لكل غرام واحد من بخار الماء .

- مردود الجهاز أكبر من مردود السطول لان الطاقة الحرارية التي تفقدها الطبقة الجوية الدنيا عن طريق تيارات الحمل أقل من السطول .

- احتراقه شبه تام وبالتالي فان خطره على البيئة المجاورة أقل من السطول

- لا تزيد كلفته عن كلفة السطل .

- يعمل على مبدأ الطرق لمختلطة في مقاومة الصقيع اذ يجمع بين طريقتي التدفئة واستعمال بخار الماء .



شكل (٣) حقل التدفئة البسيط



ضرد الصقيع على البندورة المزروعة في البيوت البلاستيكية



ضرب الصقيع على أشجار الزيتون

الجدوى الفنية والاقتصادية لطرق مقاومة الصقيع :

لننع الصقيع نحتاج لتعويض ما تفقده التربة والنباتات من الطاقة الحرارية أو التقليل من الطاقة المفقودة بحيث يتم التوازن الحراري للطبقة الجوية الدنيا ولتحقيق هذه الغاية نحتاج في حالات الصقيع المتوسط الى ٧٥٠ مليون حريرة للهكتار في الساعة الواحدة ويمكن الحصول على الطاقة المطلوبة من أي مصدر من مصادر الطاقة علما انه :

- ١ كغ مازوت يغطي ١٠٣٠٠ كيلو حريرة .
 - ٨٦٠ كيلو حريرة تعادل ١ كيلو واط ساعي .
 - ١١٩ ليتر مازوت يماثل ١١٩٨ كيلو واط ساعي .
- وبالتالي :

ليتر واحد من المازوت يعادل تقريبا ١٠ كيلو واط ساعي أي ٨٦٠ كيلو حريرة يحتاج الهكتار الواحد في الساعة الى :

- ٧٥ كغ مازوت أو ٨٨ ليتر مازوت أو ٨٨٠ كيلو واط .

عند مكافحة الصقيع بالري بالرداذ يحتاج الهكتار في الساعة ٨٣ طن ماء عندما تكون حرارة الماء عشرة درجات مئوية واذا كانت الكافحة ببخار الماء يحتاج الهكتار في الساعة الى ١٠٠٠ كغ بخار ماء .

يمكن حساب الجدوى الاقتصادية لطرق مكافحة الصقيع كما يلي :

$$\frac{C + P + S}{E} = \frac{S}{I}$$

حيث $\frac{S}{I}$ - كلفة عملية مقاومة الصقيع في واحدة المساحة في السنة الاولى

- S ثمن وسائل الكافحة .
- P ثمن المحروقات في السنة الاولى .
- C أجر العمال .
- E المساحة .

تحتسب كلفة مقاومة الصقيع لنفس البستان للسنوات التالية كما يلي :

$$\frac{C + P}{E} = \frac{S}{I}$$

$$I = 2, 3, \dots, n$$

وبفرض أن وسائل المكافحة تبقى صالحة للعمل لمدة عشرة سنوات يكون متوسط كلفة عملية المقاومة في واحدة الساحة .

$$\frac{\frac{1}{10} + \frac{2}{10} + \frac{3}{10} + \dots + \frac{9}{10}}{9} = \bar{S} \quad n = 1, 2, \dots, 10$$

تحتسب الجدوى الزراعية لعملية مكافحة الصقيع كما يلي :

$$\frac{\bar{C}_n \cdot \bar{T}_n - \bar{C}_{n-1} \cdot \bar{T}_{n-1}}{9} = \bar{C}$$

حيث \bar{T}_n - متوسط انتاج الحقل في سنوات المكافحة (كغ)

\bar{T}_{n-1} - سعر كيلو غرام واحد من الانتاج حسب اسعار ١٩٨١

\bar{C}_n - متوسط الانتاج في السنوات السابقة, أي متوسط الانتاج في

السنوات التي لم تتخذ فيها اجراءات المقاومة (كغ) .

الربح الناتج عن مكافحة الصقيع في السنة الاولى .

$$R = \bar{C} - \bar{C}_n$$

وفي السنوات الاخرى .

$$R = \bar{C} - \bar{C}_n$$

متوسط الربح خلال عشرة سنوات .

$$\bar{R}_n = \bar{C} - \bar{C}_n \quad n = 1, 2, \dots, 10$$

السنة المثوية من الربح الكافية لمقاومة الصقيع في السنة الاولى

وفي السنوات الاخرى

$$\bar{L} = \frac{100 \times \bar{R}_n}{\bar{C}}$$

$$\frac{100 \times S_i}{L_i} = E_i \quad i = 1, 2, \dots, 10$$

الجدوى الاقتصادية لعملية مكافحة الصقيع

تُحسب الجدوى الاقتصادية والفنية لطرق مقاومة الصقيع بحيث تختار الطريقة الأقل كلفة والتي تؤدي الغرض كما يمكن استعمال الطرق المختلطة شرط أن تكون كلفتها أقل من كلفة أية طريقة منفردة وبما أن أسعار مصادر الطاقة غير ثابتة كما أن الجدوى الفنية لطرق مكافحة الصقيع تختلف من مكان لآخر حسب الوضع الجوي والظروف الجغرافية والطبوغرافية للمكان فلا بد من حساب الجدوى الاقتصادية والفنية لطرق مكافحة الصقيع عند اتخاذ اجراءات المقاومة .

- بعض الإجراءات التي يمكن إتباعها لحماية البيوت المغطاة من أضرار الصقيع:
- يكون ضرر الصقيع شديداً على النباتات المزروعة تحت أغطية بلاستيكية لكون هذه النباتات هي بالأصل بحاجة إلى تدفئة وإلى درجات حرارة مرتفعة ليكتمل نموها.
- وبسبب الرطوبة العالية عادة ضمن هذه البيوت فإن للصقيع في حال حدوثه أضرار جسيمة قد تقضي على كامل المزروعات داخل البيوت غير المدفأة.
- لذا ننصح الأخوة أصحاب البيوت الزراعية المغطاة تأمين أجهزة التدفئة المناسبة لتلك البيوت وجعلها جاهزة للعمل باستمرار كي يمكن تشغيلها عند حدوث الصقيع في أي لحظة.
- للحد والتخفيف من أضرار الصقيع على الأشجار المثمرة:**
- يمكن للأخوة الفلاحين تنفيذ التعليمات الفنية التالية:
١. إزالة الأعشاب من البساتين المزروعة بالأشجار المثمرة.
 ٢. تغطية سطح التربة تحت مسقط الأشجار بالقش أو النشارة.
 ٣. لف جذوع الأشجار والفراش الحديثة السن بالخيش.
 ٤. تنظيم ري الأشجار وعدم إعطاء ريات زائدة عن الاحتياج حيث أن ذلك يعطي ثمرات غضة تتأثر بشكل كبير عند حدوث الصقيع.
 ٥. إستبدال زراعة الأصناف الحساسة للبرودة وخاصة في الأماكن المعرضة للصقيع.
 ٦. تأخير تقليم الأشجار في المناطق التي تتعرض للصقيع إلى ما بعد احتمال حدوث الصقيع.
 ٧. قطع الفروع والأغصان اليابسة من الأشجار التي قد يتضرر مجموعها الخضرى جزئياً حيث يتم القطع من منطقة الجفاف للأفرع وبعدها تتم تربية أفرع هيكلية جديدة للشجرة خلال ٣-٤ سنوات لاحقة.
 ٨. تقوية نمو الأشجار المصابة برش الأسمدة الورقية خلال ٣-٤ سنوات القادمة وإعطاء دفعات متوازنة من الأسمدة العضوية والكيميائية خلال هذه السنوات.
 ٩. دهن ساق الأشجار والأفرع الهيكلية التي تعرت من الأوراق بمادة الكلس لحمايتها من ضربة الشمس.

المراجع

- ١ - طاهر خيلفة : المقيع وبساتين الاشجار المثمرة ١٩٥٧ .
- ٢ - بيرلاند م.١٠ - وكراسيكوف : التنبؤ بالصقيع ومقاومته دار نشر الارصاد الجوية لينفراڊ ١٩٧٢ .
- ٣ - مينغستان ١٠ : المناخ الزراعي دار نشر الارصاد الجوية لينفراڊ ١٩٧٢ .
- ٤ - كولتسبيرغ : الخصائص المناخية للمقيع وطرق مقاومته في الاتحاد السوفييتي دار نشر الارصاد الجوية لينفراڊ ١٩٦١ .
- ٥ - تقارير مديريتي مكتب - ينور والحمضيات في وزارة الزراعة السورية.